LOS HOMBRES de la historia

62

la Historia Universal
a través de
sus protagonistas

Newton

Giulio Preti

Centro Editor de
América Latina



LOS HOMBRES *de la historia*

El nombre de Newton está ligado a la ley de la gravitación universal expuesta en su famosa obra **Philosophiae naturalis principia mathematica,** publicada en 1687 y que signa el acta de nacimiento de la física moderna.

Por sus investigaciones, intereses y creencias, Newton es un representante típico de su siglo pero su genio y validez profética se afirman en la concepción de una nueva filosofía natural en completa ruptura con la filosofía natural de Aristóteles y de la escolástica: con el apoyo de nuevas técnicas, tales como las del cálculo infinitesimal, sustituye el reino de las cualidades ocultas por el nuevo reino de las cantidades inteligibles.

Sin embargo, pese a que rehusará recurrir a explicaciones ficticias y gratuitas, ello no le impedirá buscar, más allá de los fenómenos rigurosamente ordenados, los principios primeros y los fines últimos que los suscitan y los justifican; no es por lo tanto un positivista en el sentido moderno del término. Por el contrario, su teoría científica se constituye en función de una metafísica y de una teología subyacentes. Su física es la física de un creyente donde la experiencia y el cálculo descifran la presencia de Dios en el mundo; es la potencia divina, actuando a través del espacio, la que asegura a la vez la cohesión y la permanencia del universo. En el espíritu mismo de su autor, la obra newtoniana no es más que un comentario a la palabra del salmista según la cual "los cielos cuentan la gloria de Dios".

Como sus contemporáneos, Newton es un hombre de transición, en una época en que se disocia lentamente el saber de la creencia pero su influencia irá más allá de sus mismas convicciones pues, al renovar la cosmología, impulsará la formación de una nueva antropología.

Más aún, a más de dos siglos de su muerte y en momentos en que el hombre ha iniciado la conquista material del universo, es justo recordar a este lejano precursor.

Nació en Inglaterra el 25 de diciembre de 1642 - el año de la muerte de Galileo - y murió el 20 de marzo de 1727.

Ultimos títulos publicados en esta colección:

Esta obra ha sido publicada originalmente en Italia por Compagnia Edizioni Internazionali S.p.A. - Roma Milán
Director Responsable: Pasquale Buccomino
Director Editorial: Giorgio Savorelli
Redactores: Lisa Baruffi, Mirella Brini, Ido Martelli, Michele Pacifico.

62. Newton - El setecientos
Este es el tercer fascículo del tomo El setecientos.
La lámina de la tapa pertenece a la sección El setecientos, del Atlas Iconográfico de la Historia Universal.

Ilustraciones del fascículo Nº 62:
Falchi, Ségalat, Tomsich, Zennaro

Traducción de Cristina Iglesia

Centro Editor de América Latina S. A.
Piedras 83 - Buenos Aires
Hecho el depósito de ley
Impreso en la Argentina - Printed in Argentina
Se terminó de imprimir en los talleres gráficos de Sebastián de Amorrortu e Hijos S. A. - Luca 2223, Buenos Aires, en Julio de 1969.

Newton

Giulio Preti

1642
El 8 de enero muere en Florencia Galileo Galilei.
El 25 de diciembre (calendario juliano) nace Isaac Newton en el pueblo de Woolsthorpe, cerca de la ciudad de Grantham (condado de Lincoln). El padre, que también se llamaba Isaac y había muerto antes que él naciera, había sido un pequeño propietario rural; la madre, Anna Ayscough, pertenecía a una discreta familia que contaba entre sus miembros a profesionales y eclesiásticos.

1645
La madre se casa por segunda vez con Barnaba Smith y deja el pueblo de Woolsthorpe. El pequeño Isaac queda en el pueblo al cuidado de la abuela.

1655
Isaac es enviado a Grantham a casa de un farmacéutico, para concurrir allí a la escuela real.

1656
La madre, que ha vuelto a la casa del primer marido, lo hace regresar al pueblo.

1660
El muchacho es enviado nuevamente a la escuela de Grantham.

1661
Isaac Newton se matricula como *subserver* en el *Trinity College* de Cambridge.

1664
Newton obtiene el grado de *scholar*. Estudios de óptica geométrica, óptica lunar, álgebra (series infinitas).

1665
Enero. Obtiene el grado de *Bachelor of Arts* (B. A.).
Agosto. La peste que azota al distrito de Londres (1664-1667) lo induce a dejar temporariamente Cambridge y a retirarse a Woolsthorpe donde permanecerá (salvo una brevísima interrupción) hasta el 25 de mayo de 1667.
Episodio de la manzana.

1667
Octubre. Obtiene el título de *Minor Fellow*.

1668
Marzo. Obtiene el título de *Major Fellow*; julio: obtiene el título de *Master of Arts* (M. A.).
Construye el primer reflector.

1669
Compone la memoria *De analysi per acquationes numero terminorum infinitas*, que hace conocer, manuscrita, a su maestro Barrow y luego a Collins.
Isaac Barrow deja la cátedra "lucasiana" de matemática en la Universidad de Cambridge y la hace asignar a Newton.
Newton comienza los cursos de lecciones que serán reunidos en las *Lecciones ópticas* (1669-71, publicadas póstumamente en 1729).

1670
Experimento de Picard. Newton remonta sus estudios sobre la gravitación que había iniciado en Woolsthorpe durante la peste de Londres.

1671
Perfecciona su reflector y lo envía al rey Carlos II. Éste lo envía a la Royal Society para que sea examinado. La Royal Society alaba el reflector e inicia por cooptación el trámite del ingreso como miembro de la sociedad misma.

1672
Isac Newton es elegido miembro de la Royal Society. En el mismo año, bajo el título de *Nueva teoría de la luz y de los colores* se publica en las *Philosophical Transactions* de la misma sociedad una carta de Newton al secretario Odenburg sobre la diversa refringibilidad de los rayos simples que constituyen el espectro de la luz blanca. Polémicas con los jesuitas Jardies y Line, con Huygens y Hooke, que proseguirán durante varios años (hasta 1674).

1673
Publicación del *Horologium oscillatorium* de Ch. Huygens.

1675
Ole Römer establece la velocidad de la luz.
Newton envía a la Royal Society la memoria titulada *Teoría de la luz y los colores.*

1684
El astrónomo Halley, amigo y admirador de Newton, comunica a la Royal Society los importantes estudios que éste está realizando sobre el tema de la gravitación universal (ley de la relación inversa del cuadrado de las distancias).
Leibniz publica el *Nova Methodus pro maximis et minimis.*

1685
Son presentados a la Royal Society los dos primeros libros de los *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica.*

1686
Se autoriza la impresión de los *Principia.*

1687
Newton es enviado al rey, por la Universidad de Cambridge, para sostener una causa de la misma Universidad.
La primera edición de los *Principia* es presentada al rey de Inglaterra Jacobo II.

1689
Newton es nombrado representante de la Universidad de Cambridge a la Convención Nacional. Estará en el Parlamento hasta febrero de 1690.

1690
Publicación de la *Théorie de la Lumière* de Ch. Huyghens.

1693
Febrero. Un incendio destruye el estudio-laboratorio de Newton y desaparecen así muchos apuntes.
Otoño. Newton es atacado por una grave enfermedad nerviosa.

1695
Ch. Montagu (lord Halifax) hace nombrar a Newton inspector de la Ceca de Londres.

1697
Newton deja Cambridge y se establece en Londres.

1699
Newton, nombrado director de la Ceca, abandona definitivamente la Universidad. La *Académie des Sciences* de París lo elige socio extranjero.

1703
Es elegido presidente de la Royal Society.

1704
Reúne sus escritos de óptica en la *Opticks*, agregándole como apéndice escritos matemáticos compuestos muchos años antes: *De quadratura curvarum* y *Enumeratio linearum tertii ordinis*.

1705
Recibe de la reina Anna el título de caballero con el apelativo de Sir. Nuevamente diputado en el Parlamento por la Universidad de Cambridge.

1706
Publicación de *Optice*, versión latina de *Opticks* a cargo de S. Clark.

1707
Sin conocimiento de Newton se publican sus lecciones de *Arithmetica universalis*.

1711
Pleito con Leibniz por la prioridad en la invención del cálculo infinitesimal.

1713
Publicación del *Commercium epistolicum . . . de analysi promoto*. Sale la segunda edición de los *Principia*, a cargo de R. Cotes.

1718
Segunda edición de *Opticks*.

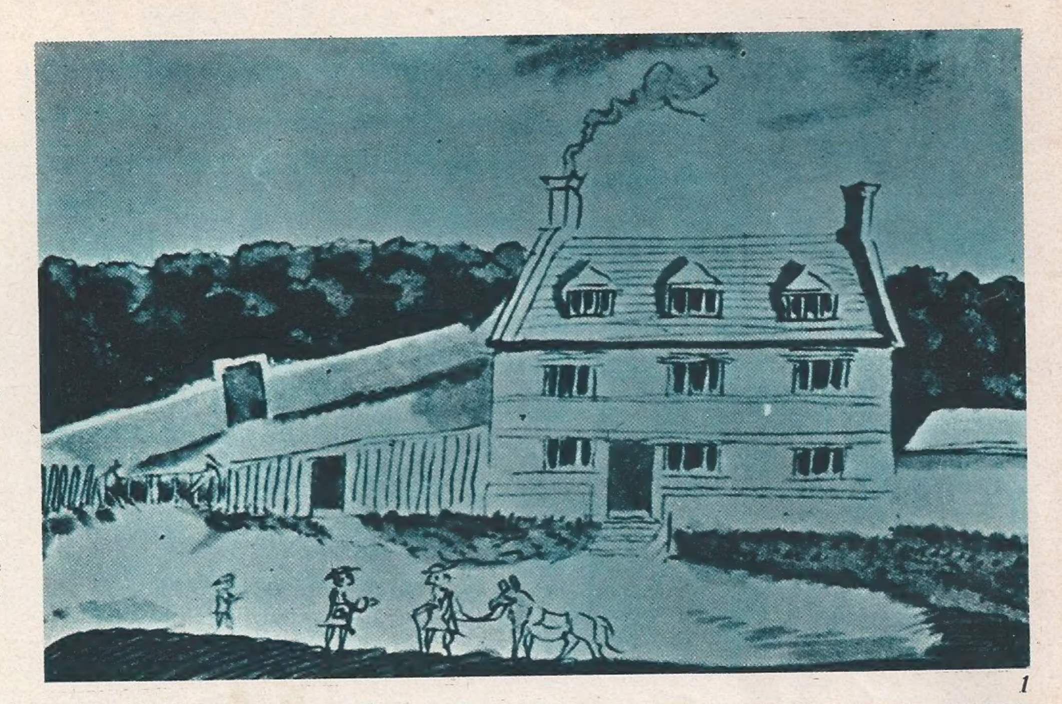
1721
Tercera edición de *Opticks*.

1722
Se publica, a cargo del mismo Newton, una segunda edición de la *Arithmetica universalis*.

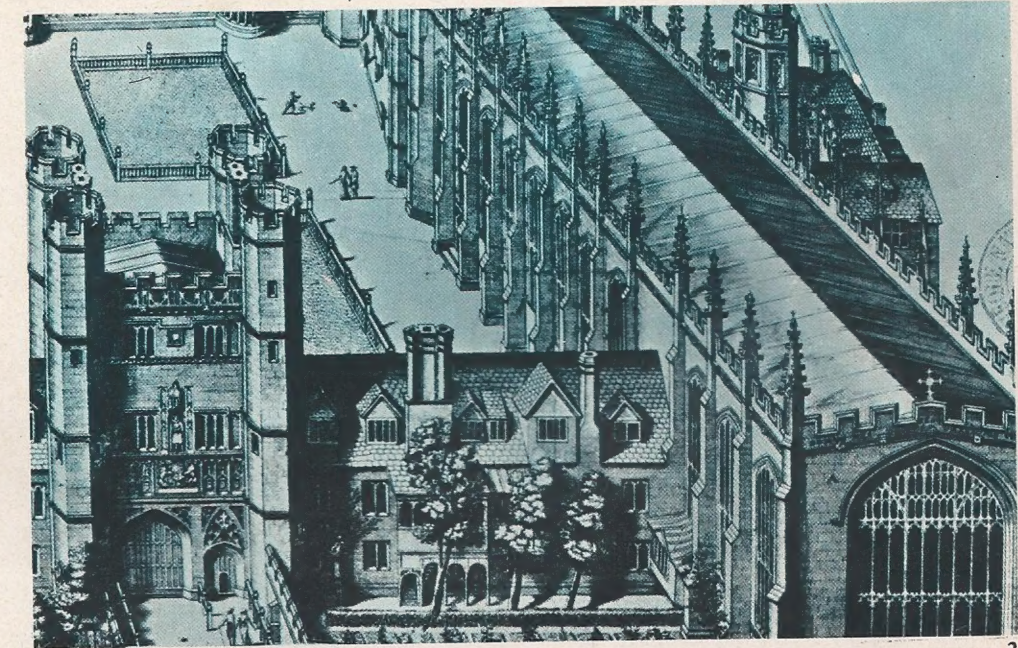
1725
Newton, enfermo, deja la casa de Londres y se establece en Kensington.

1726
Sale la tercera edición de los *Principia*, a cargo de H. Pemberton.

1727
20 de marzo: muere Isaac Newton.



1



2



3

La manzana
Se cuenta que cierta vez, mientras Newton reposaba a la sombra de un manzano en Woolsthorpe, una manzana lo rozó al caer del árbol. Este hecho más bien banal, habría llevado al joven científico a intuir aquella ley a la que está más ligado su nombre: la ley de la gravitación universal. De todos modos, independientemente de que la historia de la manzana sea verdad o leyenda, lo cierto es que el problema de la gravitación ocupó durante muchos años su meditación. Los fenómenos de la gravedad son conocidos por todos: por cierto no fue Newton el que descubrió que las manzanas, cuando se separan de los árboles, caen al suelo. Y también se conocía el fenómeno —al que sin embargo no se le sabía dar una explicación adecuada— por el cual, la luna, cuando está más cerca de la tierra acelera, o parece acelerar, su movimiento. La grandeza de Newton reside en haber unificado estos dos fenómenos aparentemente heterogéneos: en haber atribuido a ambos la misma causa, o mejor dicho, haberlos hecho depender de una misma ley mecánica. *Motus in fine velocior*: esto se sabía desde hacía mucho tiempo. Ahora bien, dirá Newton, la manzana acelera su movimiento a medida que se acerca a la tierra exactamente por la misma razón por la cual la luna corre más velozmente a medida que se acerca a un cuerpo mayor (la tierra): porque el cuerpo más pesado atrae al menor con una fuerza que disminuye con la distancia, y por lo tanto aumenta cuando ésta disminuye.

La ley de Kepler
Todavía estamos lejos de lo que será la ley exacta de la gravitación. Pero había muchos otros hechos que era necesario tener en cuenta. Por la observación de los satélites de Júpiter (los "planetas mediceos", descubiertos por Galileo) se sabía que éstos se comportaban con respecto a Júpiter aproximadamente como la luna con respecto a la tierra. Como así también los satélites de Saturno que habían sido recientemente descubiertos por Ch. Huyghens (1656) y por G. D. Cassini (1671-84). Y estaban, sobre todo, las leyes de Kepler —llamadas así porque fueron descubiertas (y parcialmente formuladas) por el gran astrónomo alemán Johannes Kepler (1571-1630)— y que establecen las leyes del movimiento de los planetas en torno al sol.
1) Los planetas describen órbitas elípticas uno de cuyos focos está ocupado por el sol.
2) Las áreas descriptas por los radios vectores son proporcionales a los tiempos empleados en describirlos.
3) Los cuadrados de los tiempos periódicos (es decir de los tiempos que cada planeta emplea para describir la totalidad de la órbita anual) son proporcionales a los cubos de los ejes mayores.



1. La casa natal de Newton en Woolsthorpe. Dibujo de Memoirs of the Life of Sir Isaac Newton, *de Stukeley. Comienzos del siglo* XVIII.

2. El Trinity College *de Cambridge en un grabado del siglo* XVII.

3. Vista actual de la Universidad de Cambridge (Falchi).

4. Newton. Grabado de W. Sharp del dibujo de G. Kneller. París, B. N. Est. (Ségalat).

Las leyes de la gravitación universal

Como hemos dicho, Newton intuyó que todos estos "fenómenos" deben depender de una única ley. Y esta ley se configurará pronto en una fórmula precisa: dos cuerpos se atraen (y se rechazan) con una fuerza que es directamente proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de sus centros de gravedad.

Se necesitaban sin embargo confirmaciones empíricas. Newton rechazó siempre la idea de una ciencia de la naturaleza compuesta por hipótesis y especulaciones: para él, leyes e hipótesis deben servir solamente para la descripción matemática y generalizada de los hechos empíricos, y su validez depende exclusivamente de las confirmaciones empíricas. Por lo tanto, trató de medir las variaciones de la velocidad de la luna para ver si las medidas empíricas coincidían con las previstas por los cálculos teóricos, y si bien no había mucha diferencia, sin embargo, *no coincidían*. Entonces Newton abandonó, por el momento, su hipótesis. De hecho, los cálculos no coincidían porque cuando Newton inició sus investigaciones se conocía una medida inexacta del diámetro de la tierra. Pero, en 1670, una medición más adecuada, realizada en Francia por Picard, hizo renacer las esperanzas de Newton. Se cuenta que se emocionó tanto que materialmente no pudo ejecutar los cálculos, hasta el punto de tener que pedir a un amigo que lo hiciera por él. Y con las nuevas medidas del diámetro terrestre las medidas previstas por la teoría y las obtenidas por la observación lograban una aproximación tan satisfactoria que prácticamente se podía decir que coincidían. La teoría de la gravitación había logrado una confirmación práctica.

El nacimiento de los "Principia"

A partir de allí Newton se abocó, lentamente y sin dejar vislumbrar nada (rasgo éste que es una constante de su carácter cerrado y solitario) a elaborar su mecánica, comenzando a escribir las páginas de una obra que, con otro título, estaba destinada a hacerse famosa: *De Motu*. Mientras tanto, las reflexiones y las observaciones de los científicos ingleses como el enciclopédico R. Hooke, el astrónomo Halley y también el arquitecto Wren, se movían en la misma dirección. Estaban discutiendo ampliamente los mismos problemas, con la misma hipótesis de que el movimiento de los planetas dependía de la atracción ejercida sobre ellos por la masa del sol. Hooke había llegado a intuir, sin estar en condiciones de probarlo, la ley de la relación inversa del cuadrado de la distancia; pero no llegaban a explicar la forma elíptica de las órbitas planetarias.

En agosto de 1684 el astrónomo Halley, encontrándose de paso en Cambridge, fue a saludar a Newton y lo puso al tanto de sus discusiones londinenses. Ante el asombro y la admiración de Halley, Newton afirmó que se estaba en condiciones de deducir la forma elíptica de las órbitas planetarias de la ley de gravitación. En noviembre le envió el manuscrito de *De Motu*. Halley comprendió de inmediato la enorme importancia histórica y científica de aquel texto y, apoyado por la Royal Society logró convencer a su autor —bastante reacio a decir verdad—, para que lo completara y publicara. Estimulado por Halley, Newton compuso muy lentamente su libro: el manuscrito, con el título de *Philosophiae naturalis Principia mathematica*, fue presentado sólo el 28 de abril de 1686 a la Royal Society, que el 19 de mayo decidió hacer imprimir la obra corriendo con los gastos. Pero la Sociedad no disponía de medios financieros suficientes; Newton, tanto menos, y fue Halley el que garantizó el pago ante el tipógrafo. Finalmente, en 1867, la obra inmortal, que signa el acta de nacimiento de la física moderna, vio la luz.

La mecánica

Los *Principia*, en efecto, no contienen sólo una teoría de la gravitación de los cuerpos del sistema solar en torno al sol. Como lo indica el título, contienen los "principios", es decir, los fundamentos de toda la *philosophia naturalis*, de todo lo que actualmente se denomina "física". La superioridad de Newton con respecto a sus contemporáneos que, como Hooke, se habían acercado tanto a la explicación físico-matemática de los movimientos planetarios, radica justamente en el hecho de que pudo deducir aquella explicación de un coherente y poderoso sistema de teoría matemática del movimiento. Newton nació en el mismo año en que murió Galileo. Y cuando Newton comenzó a actuar en el campo de la ciencia, el pensamiento científico moderno había ganado ya las batallas que habían comprometido a Galileo en luchas que culminaron con la tortura, con la humillación de la abjuración y con la amargura del confinamiento. El sistema heliocéntrico (copernicano) era ya admitido por todos, y Newton le dará, en los *Principia* una brillante prueba fundada sobre consideraciones matemáticas. Pero sobre todo había sido superado el milenario prejuicio filosófico-teológico, de origen aristotélico que era también la base (de hecho, si bien no necesariamente) del arcaico sistema geocéntrico (de Tolomeo): el prejuicio de una diferencia substancial de "naturaleza", es decir, de esencia, entre los cuerpos celestes y los cuerpos sublunares (terrestres), entre lo que estaba en el cielo y lo que estaba en la tierra. Ya Galileo había estado profundamente convencido de que la física del mundo era única, de que en todo el universo, las leyes de la naturaleza —que regulan los movimientos y las transformaciones de los cuerpos— eran iguales y, por lo tanto, que existía una sola filosofía de la naturaleza (una sola física, y una sola química). En los tiempos de Newton todo esto era pacíficamente admitido, al menos en los ambientes científicos. Pero lo que él hizo fue precisamente *construir los principios fundamentales de esta física universal.*

En efecto, los *Principia* se dividen en tres partes. La primera, muy breve, es la premisa de las otras dos y constituye su fundamento común. Contiene las *Definiciones* generales y los *Axiomas*, es decir, aquellas "tres leyes del movimiento" que todavía hoy son el fundamento de los estudios de mecánica racional: la ley de inercia ("Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, a menos que sea obligado a cambiar ese estado por las fuerzas aplicadas); la ley de la proporcionalidad entre la aceleración respecto de las fuerzas aplicadas; ("El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz aplicada"); y, el principio de acción y reacción ("A una acción corresponde siempre una reacción igual y contraria"). Entre los corolarios, el quinto enuncia el importantísimo principio conocido con el nombre de "principio de relatividad clásica" que ya Galileo había formulado (pero como principio independiente): "Los cuerpos incluidos en un espacio dado mantienen las mismas relaciones, tanto si aquel espacio está en estado de reposo como si se mueve con un movimiento uniforme rectilíneo."

La segunda parte (que corresponde a los libros primero y segundo) está dedicada al "movimiento de los cuerpos" y contiene un tratado de mecánica racional (terrestre) el primer tratado sistemático de esta joven ciencia que había nacido poco tiempo atrás con los *Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* (1638) de Galileo y el *Horologium oscillatorium* (1673) de Huyghens. Particular desarrollo alcanzan las teorías de las fuerzas centrípetas y centrífugas, de los movimientos de los cuerpos a lo largo de trayectorias definidas, en la dinámica de los cuerpos en medios que ofrecen resistencia. Estudios todos estos que deben preparar el desarrollo de la tercera parte (libro tercero: "El sistema del mundo"), en la cual se esboza la teoría de los movimientos de los cuerpos celestes en el sistema solar, deduciendo de los teoremas de los dos libros precedentes la explicación de los fenómenos conocidos por la astronomía de la época. (A pesar de haber inventado un telescopio, Newton no realizó nunca observaciones astronómicas.)

"Hypotheses non fingo"

La dinámica de los movimientos de los cuerpos celestes estaba fundada en su totalidad sobre la teoría general de la gra-


Ioh. Keplerus.
Tycho Brahe.
ATLAS COELESTIS

vitación, formulada exactamente como fuerza de atracción inversamente proporcional a los cuadrados de las distancias. Pero ¿cuál era la causa de la gravitación, la causa de la cual se pudiese deducir las propiedades matemáticas y los efectos visibles? Newton no lo sabe y no quiere hacer hipótesis —su obra de físico consiste en *describir* la naturaleza, no en inventar un sistema metafísico del mundo. Escuchemos lo que nos dice en el "Escolio General" que cierra los *Principia*:

"Hasta aquí he descripto los fenómenos del cielo y de nuestro mar mediante la fuerza de gravedad, pero no he determinado nunca la causa de la gravedad. Sin duda esta fuerza deriva de un acierta causa que penetra hasta el centro del sol y de los planetas sin que disminuya su virtud, y obra no sólo en proporción a la cantidad de superficie de las partículas sobre las cuales actúa (como suelen hacerlo las causas mecánicas) sino en proporción a la cantidad de materia *sólida*; su acción se extiende por todas partes hasta distancias inmensas, siempre decreciendo en razón de los cuadrados de las distancias... Sin embargo, no he logrado deducir de los fenómenos la razón de esstas propiedades de la gravedad, *y no forjo hipótesis* (hypotheses non fingo), ya que todo aquello que no se deduce de los fenómenos se convierte en *hipótesis*, y en la filosofía experimental no caben ni hipótesis metafísicas ni físicas o de las cualidades ocultas o mecánicas. En esta filosofía, las proposiciones se deducen de los fenómenos y se generalizan mediante la inducción... Basta que la gravedad exista de hecho, actúe según las leyes que hemos expuesto y sea suficiente para explicar los movimientos de los cuerpos celestes y de nuestro mar."

La "regulae philosophandi"

En el siglo XVIII esta celebérrima página de Newton se convirtió casi en el manifiesto del empirismo, y no sólo en la "filosofía natural", es decir, en la física, sino en todas las ciencias. No formular hipótesis, atenerse a los hechos empíricamente comprobados, generalizarlos por inducciones sucesivas —*describir* la naturaleza, no *desbordarla*—, ésta había sido, más o menos, la concepción baconiana del saber y vuelve a ser la plataforma programática del empirismo del siglo XVIII.

En realidad, como bien lo demostrará Kant, a fines del mismo siglo, sin una estructura teórica general, sin una concepción general *a priori* de la naturaleza la ciencia no es posible; ni siquiera una ciencia empírica. Y el mismo Newton introduce en su obra las *regulae philosophandi*, "reglas de método" que, sin embargo, en una redacción anterior habían sido llamadas *hypotheses* (nombre cambiado después para no caer en contradicción con el enunciado del *Escolio General*) y que constituían efectivamente, reglas de método, pero en relación con un campo metodológico tan formal y general que constituyen más bien *una concepción a priori de la naturaleza como presupuesto de una ciencia de la naturaleza en general*. Son hipótesis sobre la naturaleza, de las cuales es preciso partir si se quiere construir, en general, una ciencia válida de la naturaleza, como así también si se quiere dar un sentido al mismo término naturaleza. También es significativo el punto en que Newton las introduce. Estamos al comienzo del libro tercero, dedicado al "sistema del mundo", cuando Newton, por primera vez en la historia, se lanza de modo sistemático a la aventura de extender, a la teoría de los movimientos celestes, la doctrina de la física terrestre. Paso históricamente audaz, más aún si se piensa que los datos empíricos con respecto a las doctrinas celestes no eran, obviamente, experimentales con el agravante de ser al mismo tiempo fragmentarios y a menudo problemáticos. Y es justamente aquí, cuando Newton siente la necesidad de presentar, bajo el aspecto de reglas de método, una concepción teórica y formal de la naturaleza en general. Las tres reglas (la cuarta, agregada en ediciones posteriores, nos interesa menos), son:

I. "De las cosas naturales no se deben admitir más causas que las reales y suficientes para explicar los fenómenos."

II. "Por lo tanto, efectos naturales del mismo género, tienen la misma causa."

III. "Aquellas cualidades de los cuerpos que no se pueden ni aumentar ni disminuir, y aquellas que se vuelven a encontrar en todos los cuerpos sobre los cuales es posible realizar experimentos, deben ser consideradas cualidades universales de los cuerpos."

La primera regla (en la cual, si se quiere, puede verse la última herencia de la "navaja de Occam") enuncia un principio de *simplicidad* o *economía* de la naturaleza; simplicidad y economía que en el siglo XVIII serán sinónimo de racionalidad. El sistema de la naturaleza es un sistema de leyes, armónico e idealmente simple. La segunda regla, en cierto sentido, aclara y completa a la primera: afirma la *uniformidad* de la naturaleza, o sea, la constancia de las leyes de la nturaleza; es decir, en general, la existencia de leyes y, por lo tanto, la posibilidad de un conocimiento racional del mundo de los fenómenos. La tercera regla merecería un tratamiento más extenso. Aparentemente se relaciona con las dos primeras; sin embargo, sin ella, ambas serían difícilmente aplicables. En efecto, la enorme variedad de fenómenos que observamos no podría ser reducida inductivamente al efecto de obtener un sistema limitado de pocas leyes generales sin una *dissectio naturae*, o sea, sin la reducción de las cualidades y atributos de las cosas a un número limitado de atributos fundamentales y universales. La física moderna ha logrado este objetivo mediante la reducción de las cualidades y propiedades de la materia a un número limitado de propiedades universales, que competen a todos los cuerpos como tales y en particular, a las partículas elementales que forman los cuerpos. Así, Galileo, retomando una antiquísima distinción (que se remonta a Demócrito) entre cualidades *primarias* y secundarias —las primeras "verdaderas" y pertenecientes a los cuerpos en sí, las segundas fenoménicas (dependientes de nuestra constitución físico-química)— había atribuido a la materia solamente las cualidades expresables matemáticamente; y sobre este camino, si bien con diversas motivaciones filosóficas, se habían movido, en su mayor parte, los pensadores científicos del siglo XVIII. También Newton hace lo mismo: pero su empirismo de base le impide fundar esta distinción en una metafísica como lo hace Galileo; y la tercera *regula* le sirve justamente para este fin: seleccionar algunas cualidades primarias, universales, de los cuerpos, de las que deberán depender las cualidades aparentes, pero a las cuales también se refieren las leyes universales y constantes de la naturaleza.

Espacio, tiempo y Dios

Más significativas, desde el punto de vista filosófico, son algunas doctrinas generales expuestas en los dos grandes "escolios" de los *Principia*. Aquí nos interesan particularmente dos.

El primero es el escolio que cierra las *Definiciones*. En él Newton expone la célebre concepción del espacio, tiempo y movimiento absoluto que fue fuente de controversia hasta nuestro siglo. La distinción fundamental es aquella entre movimiento relativo y movimiento absoluto. Describimos y medimos los movimientos de los objetos con respecto a un sistema de referencia que suponemos en reposo: pero los movimientos así medidos y descriptos son relativos a este sistema. En efecto, si nuestro sistema de referencia está a su vez en movimiento respecto a otro sistema de referencia, el movimiento de los mismos objetos medidos y descriptos tomando como base ese segundo sistema, aparecerá distinto. Piénsese por ejemplo en el paseo de un viajero por el pasillo de un vagón, tal como es visto por quien está detenido en el pasillo mismo y cómo será visto en cambio, por un observador parado junto a los rieles. Pero también este segundo sistema de referencia puede estar en movimiento... Para cerrar el proceso Newton postula un *espacio absoluto*, que contiene todos los espacios relativos (es decir, en una terminología más moderna, un sistema de referencia absoluto, al que puedan referirse en definitiva todos los sistemas de referencia relativos), en reposo absoluto, respecto al cual todo cuerpo estaría en un estado de

reposo o de movimiento absoluto. A este espacio y movimiento absoluto coresponderia un tiempo también absoluto, distinto de los tiempos relativos, es decir, de los tiempos empíricamente mensurables con referencia a cuerpos(astros, relojes, etc.) en movimiento relativo.
Según Newton, espacio, tiempo y movimiento absoluto no son *entia rationis* o *fictiones mathematicae*, sino verdaderos entes reales. Más aún, sostenía que la consideración de movimientos no-inerciales, por ejemplo, la rotación de un cubo imaginario lleno de agua suspendido en el cielo de las estrellas fijas, podría poner de relieve los movimientos absolutos. Concepción que será criticada, casi dos siglos después 1883 por el físico vienés E. Mach.) De todos modos la concepción de Newton suscitó varias polémicas entre las cuales es particularmente importante la de Leibniz, contra el cual Clarke sostuvo el punto de vista de Newton. Leibniz sostenía, por el contrario, el carácter *fenoménico* del movimiento y el carácter fenoménico y *relativo* del espacio y del tiempo, como ordenamientos, es decir, como sistemas de relaciones, existentes entre los fenómenos: el espacio como orden de las relaciones de coexistencia, el tiempo como orden de las relaciones de sucesión.

Pero la polémica tenía un blanco más importante porque de algún modo, la concepción de espacio, tiempo y movimiento absoluto se vinculaba con la concepción newtoniana de la relación de Dios con la naturaleza (y este es el segundo punto al que queremos referirnos). En el *Escolio General*, que cierra los *Principia*, Newton afirma que la "hermosísima estructura del sol, los planetas y los cometas no ha podido nacer sino por el consejo de un Ser inteligente y poderoso". Dios rige el mundo no como Alma del Mundo, sino como Señor del Universo, dominador y providencial: el mundo es así porque Dios lo ha querido así; y está donde está porque Dios lo ha puesto allí; y lo gobierna y lo rige no sólo mediante las leyes que ha impuesto a la materia sino también con esporádicas intervenciones providenciales. Obsérvese bien: la absoluta contingencia del mundo (existirán en Dios razones más profundas, pero a nosotros se nos escapan porque lo conocemos no en sí, sino por la naturaleza) excluye la idea cartesiana y leibniziana de un cálculo a priori del cosmos. Dios conoce el universo de manera intuitiva, inmediata, y espacio y tiempo absolutos son su *sensorium*. Lo que significa, quizás, que las cosas se le presentan en espacio y tiempo absolutos, ya que él existe *siempre* y *en todas partes*.

Todo esto excedía, ciertamente, las pretensiones de una ciencia que se decía meramente experimental, fundada sobre fenómenos y que procedía de inducción en

1. Globo terráqueo realizado por Coronelli y dedicado a Guillermo III de Inglaterra. Instituto y Museo de Historia de la Ciencia (Tomsich).

En la página 61:

1. Tolomeo, Copérnico, Kepler, Tycho Brahe. París, B. N. Est. (Ségalat).



1

inducción hacia generalizaciones cada vez más amplias, pero siempre referidas a diversas clases de fenómenos. Sin embargo, es justamente éste el fondo metafísico, profundamente enraizado en las tradiciones filosóficas (Occam) y religiosas de Inglaterra, que sostiene el empirismo científico de Newton, en contraste con el racionalismo europeo. Ya que el mundo no es la voluntad intríseca de la razón divina según las necesidades lógicas inmanentes a esta misma razón, sino el efecto de un *fiat* de la voluntad soberana de un Dios Rey, es imposible todo conocimiento *a priori* del mismo: la obra del científico se debe limitar a la indagación humilde y paciente de porciones lo más amplias posible pero siempre limitadísimas de lo real tal como es y tal como es dado *a posteriori*. Por lo tanto, no sólo es inútil sino ni siquiera posible inventar hipótesis sobre las causas y las leyes últimas de la naturaleza.

Newton matemático: el cálculo de las fluxiones

Ahora debemos retroceder un poco. Ya hemos visto como Hooke, Wren, Halley habían llegado a la intuición de la ley de gravitación y a la idea de que los movimientos de los planetas descriptos por las leyes de Kepler debían depender de una ley de este tipo; pero también que sólo Newton pudo precisar la fórmula matemática (de la razón inversa de los cuadrados de las distancias) y deducir de ella, la forma elíptica de las órbitas planetarias; en síntesis, sólo Newton estuvo en condiciones de coordinar las leyes de Kepler con un sistema general de mecánica racional.

Newton poseía, permítaseme la expresión, un "arma secreta": el cálculo de las fluxiones (cálculo infinitesimal), al cual había llegado después de muchos años dedicados a sus estudios de álgebra y de análisis.

En el siglo XVII, sobre todo por el camino abierto por la *Geometria* de Descartes (1637), pero a veces también independientemente, había florecido una enorme cantidad de estudios de análisis matemáticos, de álgebra y de geometría analítica. La costumbre de representar las curvas mediante ecuaciones indeterminadas (funciones de una variable), como se hizo clásica en la geometría analítica, llevaba a poner el análisis algebraico de las funciones en el centro de la especulación matemática, y a traducir muchos problemas clásicos de la geometría (determinación de máximos y mínimos, tangentes, cuadraturas) en términos de esta joven disciplina. En esta tendencia se distinguen sobre todo los algebristas ingleses; el siglo XVII inglés es rico en una serie de notables analistas, de los cuales Newton será el digno heredero (pero no el último de la serie). Recordemos solamente los nombres de James Gregory (1638-1675), autor de una *Vera circuli et hyperbolae quadratura* (1667), en la cual introdujo por primera vez el concepto y el término de "serie convergente", de lord Brouncker (1620-1648), de Barrow, Collins, etc. Pero sobre todo debe recordarse a John Wallis, (1616-1703) cuya *Arithmetica infinitorum* (1655) iban a servir de base para el comienzo de las investigaciones de Newton. Se había llegado a la técnica de calcular la cuadratura de curvas (como la hipérbola, el círculo) mediante el desarrollo en series infinitas de funciones: series convergentes, que se acercaban *in infinitum* al valor "verdadero" de la función o sea, tales que, mediante ellas, el valor verdadero se puede calcular con un error más pequeño que una cantidad cualquiera prefijada. Wallis había señalado, por primera vez, un ejemplo de este método; y fue aplicado con éxito a la cuadratura de la hipérbola por Brouncker, Mercator y Gregory.

A partir de aquí comenzaron las investigaciones de Newton. Su primer problema fue encontrar una ley aritmética para determinar los coeficientes de los desarrollos en serie de expresiones binomias de la forma $(a + x)^n$. En realidad, ya Pascal, (y quizás antes que él Tartaglia) había dado una regla (triángulo de Pascal) para encontrar directamente los coeficientes numéricos de los desarrollos de potencias binomiales con exponente entero. Pero Newton logró generalizar algebraicamente esos descubrimientos formulando una ley que contiene exponentes indeterminados; es decir, formulando aquel importantísimo enunciado que es conocido en álgebra con el nombre de "teorema del binomio". La utilización de exponentes indeterminados tuvo consecuencias prácticas incalculables, permitiendo desarrollar en serie potencias binomiales aun de exponente fraccionario (en que la variable se encuentra bajo un signo de raíz) o negativo (en que la variable se encuentra en el denominador de una función fraccionaria).

Con este poderoso instrumento y su capacidad de generalización algebraica Newton estaba en condiciones de afrontar los problemas infinitesimales, o sea, aquellos problemas que exigen recurrir a la hipótesis de cantidades infinitamente pequeñas como límite de series decrecientes. Estos eran, justamente, los problemas a los que se habían dedicado con mayor pasión todos los matemáticos de los siglos XVI y XVII. El conocimiento y el estudio de la obra de Arquímedes, promovida por matemáticos eruditos del Renacimiento, había sido el punto de partida de tales investigaciones, en las cuales ya se habían distinguido matemáticos tales como G. Cardano en *Opus novum de proportionibus* (1570), Kepler en *Stereometria doliorum*, B. Cavalieri en *Geometria indivisibilium* (1635), Fermat en *Methodus ad disquirendum maximun et minumun* y Pascal.

Estos problemas pueden dividirse en dos grandes clases: problemas *diferenciales*, como la determinación de la tangente a una curva, (ángulo de contacto de una recta con una curva en un punto dado) al que son analíticamente afines los problemas referentes a los puntos mínimo y máximo de una curva; y problemas *integrales*, sobre todo relativos a las cuadraturas (áreas) de superficie circunscriptas por una curva y cubatura de espacios circundados por superficies curvas. En el primer caso se trata de determinar la relación incremental, por incrementos infinitamente pequeños de la variable, de determinadas funciones; en el segundo, se trata de determinar el límite de series (sumatorias) infinitas y convergentes de elementos, planos o sólidos, con un lado infinitamente pequeño. En el cálculo infinitesimal los problemas del primer tipo se reducen al cálculo de la derivada de una función; los del segundo tipo, a la operación que por mucho tiempo será considerada como inversa de la anterior, es decir, a la integración de una función, considerando como integral de una función $f\ (x)$ aquella función $F\ (x)$ de la cual $f\ (x)$ es la derivada. (Actualmente este concepto sólo es válido para una clase, muy extensa y rica en aplicaciones, de integrales; pero durante toda la edad moderna, la relación así definida entre derivada e integral será considerada normal y válida para todas las funciones.)

En la segunda mitad del siglo XVI y sobre todo en el XVII habían sido resueltos, uno por uno, muchísimos problemas diferenciales e integrales: pero ningún matemático había logrado poseer aquellos conceptos y métodos generales que constituyen precisamente el cálculo infinitesimal. La creación del cálculo infinitesimal fue el gran mérito, en la historia de la matemática, de Leibniz y de Newton, creador de aquello que llamó "cálculo de las fluxiones", pero que en sustancia es la misma cosa que el cálculo infinitesimal.

Newton se remite a los trabajos de los algebristas ingleses, principalmente de Wallis y de Barrow, Wallis había descubierto que el cálculo de las áreas de superficies circunscriptas por curvas se resuelve generalmente por la aproximación de una suma infinita; además, mediante la generalización de las soluciones de muchos problemas particulares, había hallado reglas generales inductivas para la cuadratura de muchas curvas expresadas mediante funciones de la abscisa. Su método fracasaba ante funciones con exponente negativo; y por lo tanto, se detenía en aproximaciones aritméticas. El maestro de Newton, Barrow, había ido mucho más allá: tanto más allá que durante mucho tiempo el cálculo barowiano no era ni siquiera distinguido del cálculo de Newton.



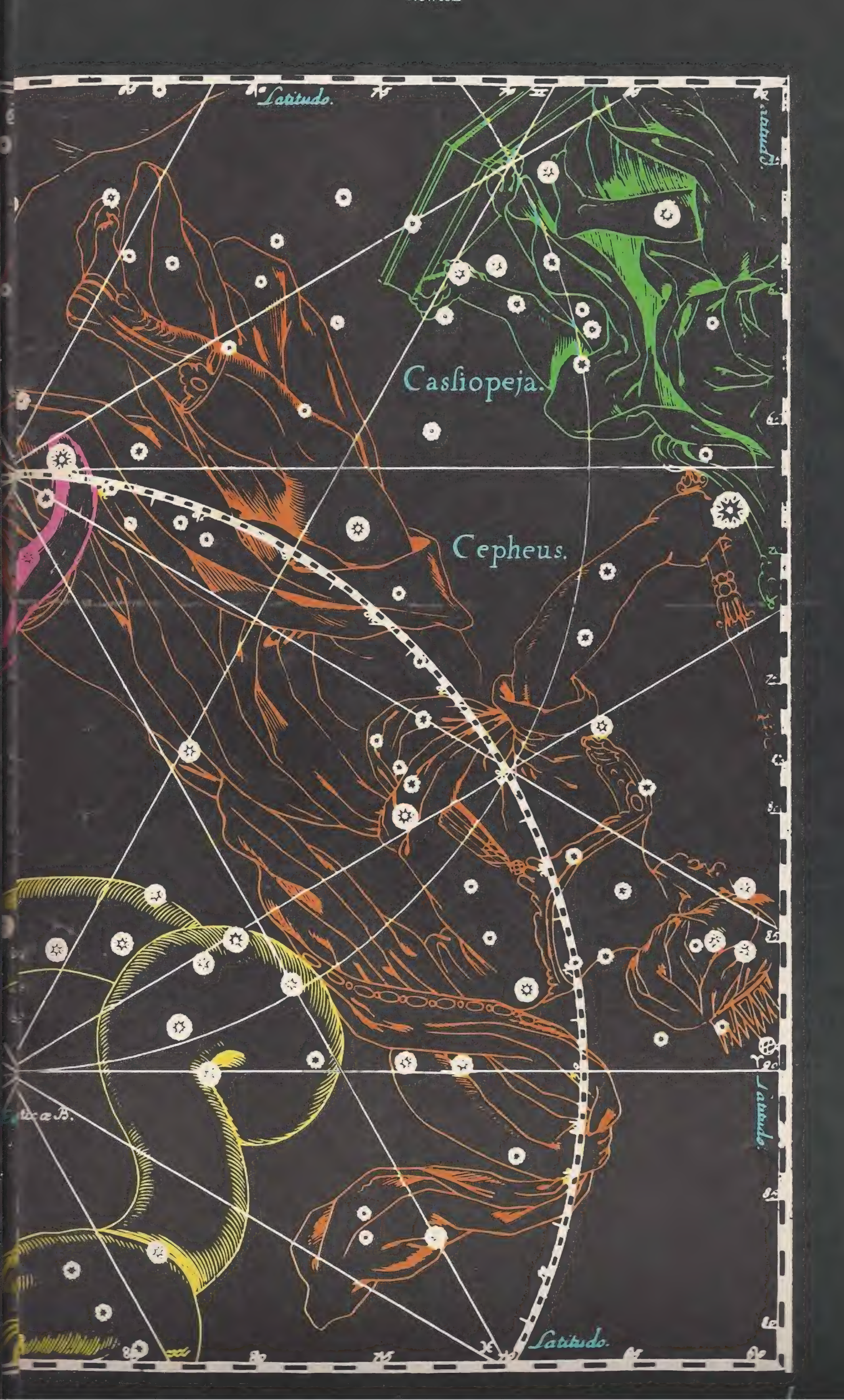
1. El segundo telescopio a reflexión de Newton, de 1671.

En las páginas siguientes:

1. Una carta celeste del atlas de Hevelius, del cual se servía Newton. París, B. N. Est. (Ségalat).



Latitudo.
Camelopardalus.
Latitudo.
Draco.
URSA MINOR.
Latitudo.
Draco.
Fig. A.
Latitudo.


Latitudo.
Casliopeja.
Cepheus.
Latitudo.
Latitudo.





1. *La reina Anna con su hijo Guillermo duque de Gloucester. Copia de un cuadro de G. Kneller. Londres, National Portrait Gallery.*

2. *Charles Montagu, Lord Halifax. Retrato de G. Kneller. Londres, National Portrait Gallery.*

El método de Barrow, derivado de el del matemático francés Fermat, consistía esencialmente en introducir los símbolos $(y + a)$ para la ordenada, $(x + e)$ para la abscisa, donde a y e son dos cantidades "evanescentes", (es decir, dos incrementos infinitamente pequeños): de modo que, al final de los cálculos, consideraba omitir los términos independientes en los que figurasen a o e solos o bien multiplicados entre sí. En el *Analysis per aequationes numero terminorum infinitas*, Newton continúa por la misma senda.

Comienza por enunciar tres reglas prácticas. La primera, se remite a la obra de Wallis, que había encontrado una regla general para la cuadratura de superficies limitadas por curvas representadas por una ecuación de la forma $y = ax^{\frac{m}{n}}$; el área de la curva será igual a $\frac{n}{m+n} ax^{\frac{m+n}{n}}$

La segunda regla deriva también de Wallis: la cuadratura de una función que es suma algebraica de dos o más funciones es igual a la suma algebraica de las cuadraturas de las funciones sumandos. La tercera regla, con las palabras del mismo Newton "consiste en desarrollar en serie convergente las fracciones, los radicales y las raíces afectadas por exponente cuando no es posible obtener de otro modo la cuadratura; y luego en cuadrar, siguiendo la primera y la segunda regla, las figuras cuyas ordenadas son los términos de la serie". (Recuérdese, a este propósito, que la regla del binomio permitía a Newton el desarrollo en serie de funciones con cualquier exponente.)

Newton expone estas tres reglas con la máxima generalidad, utilizando exponentes indeterminados. Y no solo eso, sino que mientras las reglas de Wallis habían sido obtenidas por inducción empírica, Newton intenta una demostración rigurosa utilizando el cálculo de Barrow perfeccionado por él.

La más interesante es la primera regla; demuestra que la derivada de $\frac{n}{m+n} ax^{\frac{m+n}{n}}$ es justamente $ax^{\frac{m}{n}}$. (De ahí el nombre de función primitiva que será dado a la integral).

Al abordar el cálculo infinitesimal, Newton, remitiéndose a Fermat y a Barrow, introduce la consideración de cantidades "evanescentes", o sea de incrementos que se hacen tender a cero. A este fin, utiliza la letra (vocal) o, con la cual opera como con un símbolo algebraico determinado, o sea como si fuese el símbolo de una cantidad finita. Considera la diferencia $f(x + o) - f(x)$, que luego divide por o, obteniendo así el cociente incremental. Luego, en las fórmulas así obtenidas, omite todas las cantidades que contienen o como factor (es decir, prácticamente, igual o a cero); lo que resta es la derivada. (Por ejemplo: para la derivada y' de la función $y = ax^2$ se forma el incremento $a(x + o)^2 - ax^2 = ao^2 + 2axo$ y el cociente incremental $\frac{ao^2 + 2axo}{o} = ao + 2ax$ y para o igual a cero, resulta $y' = 2ax$.) Pero Newton mismo había criticado este procedimiento, diciendo que en matemática las cantidades, aunque sean mínimas, no deben omitirse. ¿Cómo justificaba entonces este procedimiento? En realidad, no lo justificó nunca (como, por otra parte, no llegó a justificarlo tampoco Leibniz) dejando a los matemáticos de los siglos siguientes la pesada tarea de la justificación y fundamentación del cálculo infinitesimal. Es notable, sin embargo, la *intuición* que coloca en la base de su procedimiento: digamos inmediatamente, una intuición física más que geométrica (como habían sido, en cambio, las de Leibniz y Pascal).

Considera la superficie como generada por un movimiento proporcional a la longitud de la ordenada y por lo tanto contínuamente creciente o decreciente según el crecer o decrecer (contínuo) de ésta, mientras la abscisa (de la cual la ordenada es función) crece uniformemente, o por decir así, "transcurre", como el transcurrir del tiempo. De ahí el nombre de *fluente* dado al área, el de *fluxión* dado a la ordenada en un cierto momento o punto y de *momento* dado el incremento infinitamente pequeño de la abscisa en correspondencia con un instante en el cual, por decirlo así, se detiene el tiempo en que transcurre esta última (el movimiento de un objeto en el instante en el que comienza a moverse o bien entra en reposo). Así, el punto es "momento" de la línea, y la línea es "momento" de la superficie (corresponde a lo que, en la terminología moderna, derivada de Leibniz, se llama "diferencial"). No se trata, sin embargo, de "indivisibles" (en el sentido de Cavalieri) o de "infinitésimos actuales" (en el sentido de Lebniz) sino de cantidades finitas que se "disipan".

En las obras siguientes, en particular en la *Methodus fluxionum et serierum infinitarum* (1671), Newton perfecciona su cálculo. Pero la aparición "oficial" del mismo se produjo sólo en 1687, con los *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Aquí, el cálculo infinitesimal es aplicado por primera vez a la mecánica racional y sirve para la demostración de célebres teoremas con los cuales Newton expuso el sistema unitario del universo físico.

Óptica y teoría de la luz

Si bien en la historia sumaria de las grandes invenciones del genio humano el nombre de Newton está ligado sobre todo a los *Philosophiae naturalis principia mathematica* y al cálculo infinitesimal, no menos importantes son otros estudios suyos de la ciencias de la naturaleza.

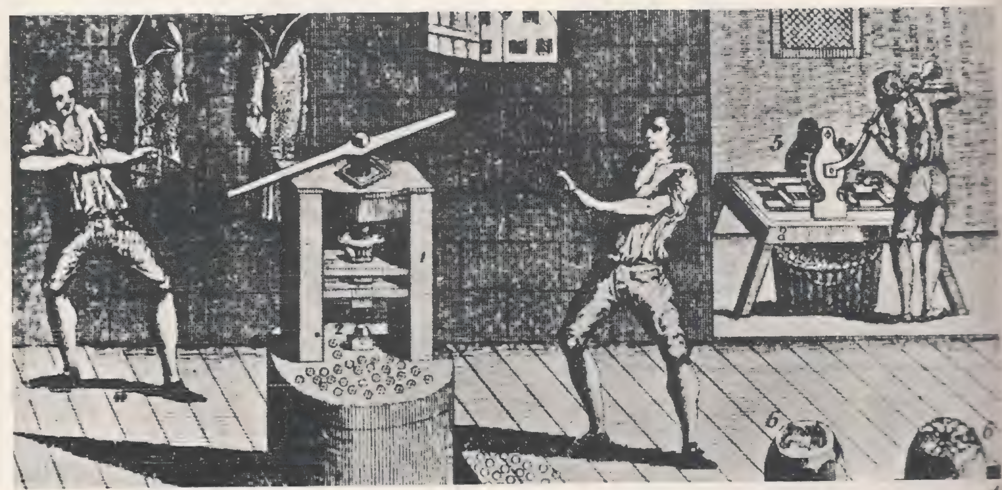
Y si no tomáramos en cuenta estos estudios, su figura de científico y pensador nos resultaría totalmente falseada. Nos aparecería como un científico de mentalidad primordialmente matemática, es decir, sintético-deductiva, capaz de unificar mediante principios generales en un sistema deductivo coherente, riguroso, los resultados parciales de las investigaciones empíricas de sus predecesores. En síntesis, un filósofo de la naturaleza, matemático, como fueron Descartes o Leibniz. Nada más falso que esta imagen. Leyendo atentamente la biografía y los escritos de Newton se tiene hasta la impresión, ciertamente paradójica, de que el descubrimiento de las leyes de gravedad y la invención del cálculo de las fluxiones han sido acontecimientos casi accidentales en la vida de un investigador abocado a intereses muy diversos. Más que un matemático Newton fue un científico experimental y, a pesar de que se lo cuente con justicia entre los grandes matemáticos de la historia, aun en sus investigaciones matemáticas muestra una mentalidad más empírica que matemática: lo que, por una parte, indica una gran paciencia, con el contínuo verificar de las teorías generales en cálculos minuciosos y específicos; y por otra, aparece medianamente preocupado por el rigor de los conceptos y de las deducciones.

Gran parte de su vida de investigador estuvo dedicada a investigaciones experimentales. En primer lugar, a las de óptica. Recordemos que, como profesor "lucasiano" de la universidad de Cambridge, la óptica constituía la materia fundamental de su enseñanza; y si no fue un profesor brillante eso se debió no a desinterés por la disciplina que debía enseñar, sino, por el contrario, a la dificultad de comunicación de un genio tremendamente encerrado y concentrado en sus investigaciones, y quizás también, al desconcierto (Newton fue desde pequeño un tímido) por la novedad revolucionaria de lo que estaba intuyendo. Sin embargo, sus *Lecciones de óptica* dadas en la cátedra en los años 69-71 (publicadas después de su muerte en 1729) dan cuenta del vigor científico que infundía a sus lecciones.

Recordemos también, que Newton obtuvo la admisión a la Royal Society gracias a un modelo de instrumento óptico, construido personalmente por él: un telescopio de reflexión (es decir, de espejos), que se podía agrandar mucho sin incurrir en los inconvenientes que, por el contrario,



3



4

3. *La fundación de la Banca de Inglaterra, en 1694 en un cuadro de G. Harcourt* (Roma, Embajada de Gran Bretaña).

4. *La Ceca de Londres. Estampa del siglo* XVIII (Zennaro).



1, 2. Cartas astronómicas del Podromus astronomiae, *de Hevelius, 1690.*


Serpentarius
Scorpius
Lupus
Ara
Corona Australis
Sagittarius
Libra
Virgo
Corvus
Centaurus
Crux
Musca
Apus
Indus
Pavo
Grus
Aquarius
Toucan
Phoenix
Hydrus
Dorado
Tropicus
Crater
Hydra
Sextans Urania
Argo Navis
Columba
Eridanus
Capricorni
Cetus
Lepus
Canis Major
Monoceros
Canis Minor
Æquator
Orion
Taurus
Aries
Leo
Cancer
Gemini
Magnitudines Stellarum



1



2



3

limitaban estructuralmente las posibilidades de agrandar el telescopio galileano (de refracción, es decir, de lentes).

Y también sobre óptica versa aquella *Nueva teoría de la luz y de los colores* con la cual Newton, en el mismo año de su elección (1672) inicia su colaboración en las "Philosophical Transactions" (nº 80) de la misma Royal Society. Este escrito suscitó un avispero de polémicas, a las que Newton, todavía joven, no famoso ni autorizado, se vio obligado a responder, terminándolas asqueado. Esto lo volvió todavía más reacio a publicar sus observaciones y descubrimientos. Sin embargo presentó a la Royal Society y publicó en 1675, una importante memoria, relativa a una *Teoría de la luz y de los colores* que constituyó después, la base de la *Opticks* en 1704.

Como ya lo hemos señalado, en la óptica —a diferencia de la mecánica racional y en los otros temas de filosofía de la naturaleza de los que nos ocuparemos en seguida— Newton sigue un método estrictamente *experimental.* No intenta un sistema matemático con el cual explicar los fenómenos, sino que parte de una experimentación cuyos resultados trata luego de interpretar con hipótesis generales, y con el empleo, no constante, de la matemática: empleo que es más evidente, naturalmente, en la óptica (ciencia que ya desde sus orígenes griegos estaba fuertemente matematizada) y menor en otros campos. Los experimentos en el campo de la óptica se refieren sobre todo a dos grandes problemas que ya estaban, por otra parte, estrechamente asociados en la ciencia de la época el de la *refracción* y el de los *colores.* Era bien conocido el fenómeno de la refracción de la luz blanca en los colores del espectro cuando los rayos de luz pasan a través de un medio refringente; y ya había surgido la sospecha de que los colores no pertenecían realmente a las cosas, sino que estaban constituidos por la luz. Los estudios de óptica habían sido cultivados con mucho honor en la edad antigua y en el medioevo. En la edad moderna habían recibido un fuerte impulso en la obra de Descartes, cuya *Dioptrique* (1637) había tenido gran repercusión. Los estudios de Descartes, en efecto, fueron continuados por eminentes científicos: recordemos solamente, por estar más estrechamente conectados con Newton (si bien en modo negativo, más que nada) al gran físico y matemático holandés Ch. Huyghens (*Traité de la lumière*, 1690) y el terrible colega-enemigo de Newton, R. Hooke. En la *Dioptrique* de Descartes la ley matemática fundamental de la refracción estaba ya nítidamente formulada: la relación del seno del ángulo de incidencia con el del ángulo de refracción es constante. Se trataba de determinar la causa de la refracción: una cuestión en el límite de la física, y que ya tocaba la filosofía de la naturaleza (en efecto no era posible formular hipótesis sobre la causa del fenómeno de la refracción si no se partía de hipótesis sobre la naturaleza misma de la luz). Descartes, seguido luego por Huyghens y por Hooke, formuló una hipótesis que hoy (realmente muy modificada) goza de mucho favor: que la luz se debía a un movimiento de la "materia sutil", un fluido elástico continuo en permanente movimiento que ocupa todos los intersticios entre las partículas que constituyen la materia. Huyghens precisó después la naturaleza del movimiento de esta materia sutil (llamada por él con un nombre que se volverá clásico "éter"): se trata de un movimiento *ondulatorio* (horizontal, no vertical como luego lo concebirá Fresnel). Fundada sobre muchísimas observaciones experimentales, sufragada por una sabia teoría matemática, la teoría de Huyghens parecía llegar a explicar la propagación rectilínea de la luz y a deducir casi todas las leyes empíricamente conocidas de la reflexión y de la refracción.

Junto a algunos hechos empíricos relativos a la refracción, permanecía el problema de los colores. ¿Por qué los fenómenos de refracción tienen efectos cromáticos? ¿Qué son los colores? ¿Y qué relación tienen con la luz blanca? Una venerada tradición, que se remontaba a Aristóteles, hacía consistir la luz en una mezcla de luz y sombra, y por lo tanto, consideraba como colores fundamentales al blanco y al negro. Otras teorías formuladas en el curso del siglo XVII, tendían a considerar los colores como dependientes de la *cantidad de luz* irradiada. Tal opinión se encontraba citada también (pero no admitida ni refutada) en las *lecciones de óptica* de Barrow (cuya edición había estado a cargo de Newton).

Y es en este punto, donde se insertan las investigaciones experimentales y los clamorosos descubrimientos de Newton: hace pasar un rayo de luz pequeñísimo (el más pequeño que logra obtener experimentalmente) a través de un prisma, proyectando el espectro sobre la pared que está frente al agujero por el cual entra la luz y al prisma, y observa la formación de los conocidos colores del arco iris (el espectro). Repetidos experimentos le confirman la constancia de su disposición, de modo que, en la memoria de 1672, está ya en condiciones de comunicar importantísimas conclusiones. Los colores son propiedades intrínsecas ("innatas") de la luz; la luz blanca es una mezcla de *todos* los colores y la refracción tiene el poder de separar los colores fundamentales que la componen. Pero, ¿por qué? Newton, que dice no querer formular hipótesis, presenta una hipótesis revolucionaria: la luz está compuesta por "rayos" individuales monocromáticos, y cada color está caracterizado

por un *constante grado de refractabilidad* (o sea, que será desviado según un determinado ángulo a través de un medio refringente); apenas, en el caso de luces monocromáticas, "color" e "índice de refracción" son conceptos equivalentes, reducibles entre sí. Si bien se aludía a la hipótesis de que las partes de los cuerpos, agitadas según distintas intensidades y velocidades, provocan en el éter vibraciones de intensidad diversa, que suscitan en el ojo la sensación de la luz blanca si llegan juntas al ojo mismo y de diversos colores si llegan separadas, parecía que en la concepción que Newton tenía de los "rayos luminosos" dominaba una teoría corpuscular: que los rayos, en sustancia, se comportasen como gránulos o átomos de materia luminosa. La misma concepción se encuentra repetida en la memoria de 1675, en la que Newton, partiendo de experimentos sobre la coloración de las laminillas metálicas llega a una verdadera teoría de la emisión (la luz consta de partículas que abandonan el cuerpo que las emana); pero junto a esto, hace entrar en juego la vibración del éter, incitada por el pasaje de las partículas.

Esta teoría, que después, en *Opticks*, será ulteriormente elaborada y desarrollada en una teoría de los fenómenos naturales (a la que haremos referencia enseguida) polemizaba con la teoría (de origen cartesiano, como ya hemos visto) de la naturaleza ondulatoria de la luz, así como con las tradicionales concepciones de la luz, de origen aristotélico. Ésta representaba un esbozo de concepción *materialista* y *mecanicista* de la luz, susceptible de riguroso tratamiento matemático; reducía las cualidades sensibles (los colores) a relaciones matemáticas y con esto llevaba a la óptica a ser un capítulo de la mecánica (es decir de la física, en el sentido moderno de esta palabra). A eso se deben las agrias polémicas que suscitó.

Estudios químicos

Menos afortunado fue Newton en aquellas investigaciones que constituyeron, por decir así, la pasión más profunda y secreta de su vida, y por las cuales gastó tesoros de energía, de tiempo y de dinero: las investigaciones de química. Ésta ha sido la menos afortunada entre las ciencias modernas. Durante muchos siglos fue una mezcla híbrida de aventuras experimentales y de ilusiones mágico-alquimísticas, fundada sobre nebulosas "metafisiquerías" de molde neoplatónico. Solo en el siglo XVII comienza el divorcio entre la química experimental (científica) y la alquimia: esta última, sobre todo por obra de R. Fludd (1574-1637) se decide a asumir la forma de una doctrina místico-teofísica, abandonando todo residuo de pretensión científica; mientras la química, por obra de van Helmont (1577-1644) liberándose



4

1, 2, 3. Newton en una serie de retratos grabados por Lips, 1778. París, B. N. Est. (Ségalat).

4. Retrato de Newton de los Principia Mathematica. *Londres, 1726. Grabado de Vertue del cuadro de Vanderbank de 1725. París, B. N.* (Falchi).



1

PHILOSOPHIÆ

NATURALIS

PRINCIPIA

MATHEMATICA

Autore *J S. NEWTON*, *Trin. Coll. Cantab. Soc.* Mathefeos Profeffore *Lucafiano*, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR

LONDINI,

Juffu *Societatis Regiæ* ac Typis *Jofephi Streater*. Proftat apud plures Bibliopolas. *Anno* MDCLXXXVII.

2

PHILOSOPHIÆ

1755.

NATURALIS

PRINCIPIA

MATHEMATICA.

AUCTORE

ISAACO NEWTONO, EQ. AUR.

Editio tertia aucta & emendata.

LONDINI:

Apud GUIL. & JOH. INNYS, Regiæ Societatis typographos. MDCCXXVI.

HER. 3

1. Carta de Newton a Halley, de 1724-25.

2. Portada de la primera edición de los Principia, *Londres, 1687* (Zennaro).

3, 4. Portada de los Philosophiae naturalis Principia mathematica *en las ediciones de Londres de 1726 y de Amsterdam de 1714* (Falchi).

lentamente de las viejas hipótesis pseudoteóricas, inicia fatigosamente su viaje hacia la meta de la ciencia natural. En este camino se había colocado decididamente el gran científico inglés R. Boyle (1627-1691) que estuvo entre los fundadores de la Royal Society. Su *Scepitcal Chymist* (1661) habría podido ser el primer texto de química moderna: pero no tuvo continuación y la química debió esperar aún un siglo, hasta Lavoisier, para comenzar su nueva historia como verdadera ciencia. En esta época, Boyle muestra no haber abandonado el viejo sueño alquímico de la transformación de los metales; sin embargo, critica todas las bases metafísicas de esta fe, tratando de sentar las bases para una teoría de las transformaciones y de las operaciones químicas (entre otras cosas, le pertenece el término "análisis", que ha permanecido como un término técnico en químico). Sienta las bases para la distinción fundamental entre "elementos" (partes irreductibles de las que están compuestos todos los cuerpos) y "compuestos", y entre "compuestos" y "mezcla". Introduce también, de manera mucho más clara, la teoría atómica de la química: la idea de que los elementos estuviesen constituidos por partículas homogéneas. Pero sus ideas no estaban totalmente claras, y sobre todo, no supo traducirlas en consideraciones cuántitativas.

Por lo que podemos saber, Newton se movía sobre la línea de la química de Boyle. Tenía un laboratorio en un jardín del Trinity College, en el que hizo muchos experimentos y tomó muchos apuntes. Por un catálogo de los libros de su biblioteca personal sabemos que poseía un centenar de libros de química y alquimia, entre los que estaban, naturalmente, la obra de Boyle. Pero un incendio la destruyó junto con el laboratorio; también los apuntes. La enfermedad mental, aparecida justamente entonces (se dice que por el enorme dolor que le causó la pérdida del laboratorio) y los acontecimientos sucesivos de su vida, le impidieron retomar o sistematizar aquellos estudios. Los poquísimos documentos que nos han llegado, referentes a sus estudios químicos (una breve memoria titulada *De natura acidorum*, sobre la naturaleza de los ácidos, un cuaderno de apuntes y muchas cartas) no han sido estudiados todavía. Parece que prosiguió sus investigaciones en modo decididamente empírico; pero los objetivos seguían siendo los acostumbrados: la transformación de los metales, la fabricación del oro, las aleaciones metálicas (que también le interesaban por la fabricación del telescopio de reflexión) de todos modos, parece que Newton se ocupó de este tema, durante treinta años, a partir de 1666 hasta 1696. Pero, también aquí, las investigaciones experimentales llevadas a cabo con un empirismo extremo ofrecieron notables temas

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.
Collegii Societ. JESU AUCTORE *Coloniæ 1734*
ISAACO NEWTONO,
EQUITE AURATO.
EDITIO ULTIMA
AUCTIOR ET EMENDATIOR.
Comparavit P. Bartholomæus des Bosses. o. p. e.



AMSTÆLODAMI
SUMPTIBUS SOCIETATIS,
MDCCXIV.

4



a su meditación de filósofo de la naturaleza. Newton entrevió una teoría general de los fenómenos químicos que prosigue y perfecciona la de Boyle. Pero esta teoría no está sola: es una parte integrante de aquella grandiosa hipótesis sobre la estructura última de la materia y sobre la causa universal de los fenómenos que se había presentado en su mente en forma totalmente conjetural.

La estructura del universo físico

La última gran obra de Newton, la *Opticks* (1704), finaliza con una serie de "Cuestiones". En ellas, bajo forma de preguntas y por lo tanto en modo absolutamente dubitativo. Newton propone una serie de hipótesis concernientes a las estructuras del universo físico, hipótesis sustentada en consideraciones extraídas de todos los campos de la ciencia de la naturaleza: no sólo de la mecánica, de la astronomía y de la óptica, sino también de la química, de la termodinámica y de la fisiología. Se trata de un grandioso cuadro, que durante siglos será la base de la concepción de la naturaleza de la ciencia moderna, la que, gradualmente, lo irá precisando y fijando. Sólo las crisis científicas de nuestro siglo, las provocadas por la relatividad de Einstein y por las investigaciones sobre las partículas más pequeñas del átomo lograrán mellarlo; a pesar de eso continúa siendo, todavía hoy, en su conjunto, el cuadro de la naturaleza más considerable y comprensible que la ciencia pueda ofrecer.

La hipótesis de Newton, en sustancia, es una versión mejorada de la tradicional concepción corpuscular. Los cuerpos, tanto los celestes como los terrestres, están constituidos por partículas relativamente indivisibles, "moléculas" o "átomos", las que se mueven en el espacio siguiendo las leyes de la mecánica racional. Y todos los fenómenos naturales, en último análisis, se deberían poder explicar por estos movimientos de las moléculas que siguen las leyes de la mecánica.

Esta concepción, sin embargo, tiene variantes en el pensamiento de Newton. La primera y más importante es que extiende a las moléculas las leyes de la gravitación universal: también las moléculas se atraen y rechazan en razón directa de su masa y en una determinada razón inversa de su distancia. Digo "en una determinada razón", porque Newton no está seguro de que también en el campo de las partículas rija la ley del cuadrado de las distancias, sino que sospecha una potencia más elevada; por ejemplo, el cubo de la distancia (de modo que la atracción se ejercería en un ámbito mucho más restringido, tanto en el espacio como con respecto a las masas). Esta hipótesis le sirve para explicar muchos fenómenos: no sólo los de cohesión (como ya hiciera Galileo) sino también los de agregación, los térmicos (con las transformaciones del estado de agregación producidas por el calor(los luminosos (en particular, la diversa refracción sufrida por los rayos monocromáticos con respecto al mismo medio refringente) y, finalmente, muchos fenómenos químicos.

Para estos últimos, como para los fenómenos ópticos, Newton introduce una corrección a la teoría corpuscular, corrección que testimonia hasta qué punto su pensamiento era más empírico que metafísico. En efecto, no considera a los corpúsculos como *absolutamente* indivisibles (como eran los átomos de Demócrito), sino como *relativamente* indivisibles, puesto que muchos fenómenos parecen suceder no *entre* moléculas sino *en su interior*; y nada impide pensar que éstas estén a su vez constituídas por partículas más pequeñas. (Como es sabido, en la forma que esta doctrina tomara en el siglo XIX, llevará a considerar a la molécula como la partícula *físicamente* más pequeña e indivisible, pero *químicamente* divisible en partes más pequeñas y elementales, los "átomos"). Se trata, en todo caso, de una "indivisibilidad" relativa: relativa respecto de las operaciones experimentales factibles y de las hipótesis teóricas necesarias para explicarlas.



1



2

1. *Estampa alegórica en honor de Newton del siglo* XVIII.
París, B. N. Est. (Ségalat).

2. *Newton. Grabado de Ridley del cuadro de Vanderbank.*
París, B. N. Est. (Ségalat).

Parece además que para Newton (a diferencia de los otros atomistas) las partículas no se movían en el vacío. A este propósito, su pensamiento, ajeno a hipótesis metafísicas *a priori* demasiado avanzadas y demasiado dogmáticas, no aparece del todo claro, o, por lo menos, del todo explícito (no debe olvidarse que él expone esta filosofía de la naturaleza no en forma de afirmación, sino de interrogación). Los fenómenos ópticos no serían suficientemente explicados únicamente por la concepción atómica o granular de la luz (teoría de la emisión); por eso piensa que los corpúsculos se mueven en un fluido elástico, el éter, que llena todos los espacios físicos. De este modo, el científico que en los *Principia* se había negado a explicar la gravitación, diciendo *"hypotheses non fingo"*, aquí (en la Cuest. 21) propone, sin embargo, una hipótesis mecánica: que la gravedad sea debida a la presión y rarificación del éter en la proximidad de los grandes cuerpos (lo cual, según sus deducciones, explicaría la ley de la relación inversa del cuadrado de las distancias).

Las mismas hipótesis sirven finalmente, para explicar los fenómenos fisiológicos de la sensación: movimientos de partículas y presiones (o vibraciones) del éter son las causas que excitan las fibras nerviosas cuyos movimientos, terminando en los centros cerebrales, determinan los fenómenos de sensación. De modo que aun si las causas últimas de los fenómenos físicos no son en absoluto similares a las cualidades que nosotros percibimos (colores, olores, sabores, etc.), sin embargo, nuestras percepciones tienen una causa objetiva en los fenómenos físicos mismos y por lo tanto (aun dependiendo de nuestra constitución psico-física) conservan, a través de una constante relación con sus causas físicas, una relativa objetividad. Así parecía poder conciliar una concepción decididamente empírica del conocimiento con una ciencia física que descompone el universo en fenómenos elementales totalmente diferentes de nuestras percepciones e inalcanzables por éstas.

Los últimos años

En este punto podríamos poner la palabra "fin". La grandeza de Newton está total y exclusivamente en su pensamiento científico; en ese aspecto ha merecido realmente el elogio contenido en los versos inspirados del epitafio que pensó para él Pope:

Isaacus Newtonus
Quem immortalem
Testantur tempus, natura, coelum;
Mortalem
Hoc marmor fatetur
Nature and Natur'laws lay hid in night;

ISAACI

NEWTONI,

EQUITIS AURATI,

OPUSCULA

MATHEMATICA, PHILOSOPHICA

ET

PHILOLOGICA.

Collegit partimque Latinè vertit ac recensuit

JOH. CASTILLIONEUS

JURISCONSULTUS.

TOMUS PRIMUS

Continens

MATHEMATICA.

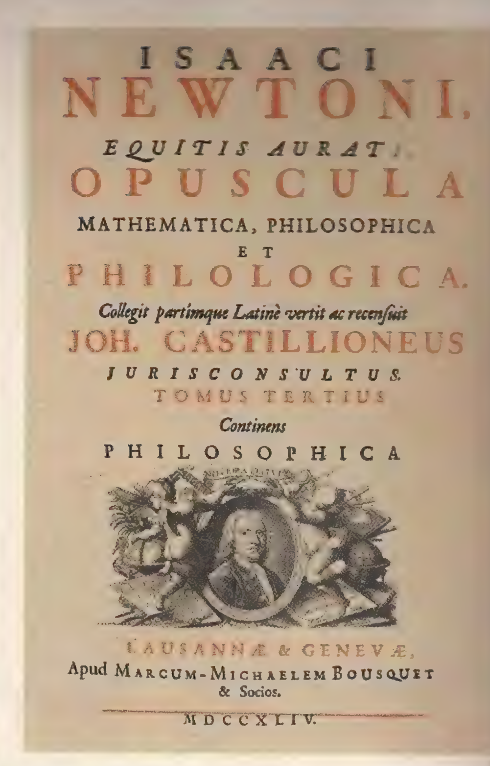
Accessit Commentariolus de VITA AUCTORI



LAUSANNÆ & GENEVÆ,

Apud MARCUM-MICHAELEM BOUSQUET & Socios.

MDCCXLIV.



ISAACI

NEWTONI,

EQUITIS AURATI,

OPUSCULA

MATHEMATICA, PHILOSOPHICA

ET

PHILOLOGICA.

Collegit partimque Latinè vertit ac recensuit

JOH. CASTILLIONEUS

JURISCONSULTUS.

TOMUS TERTIUS

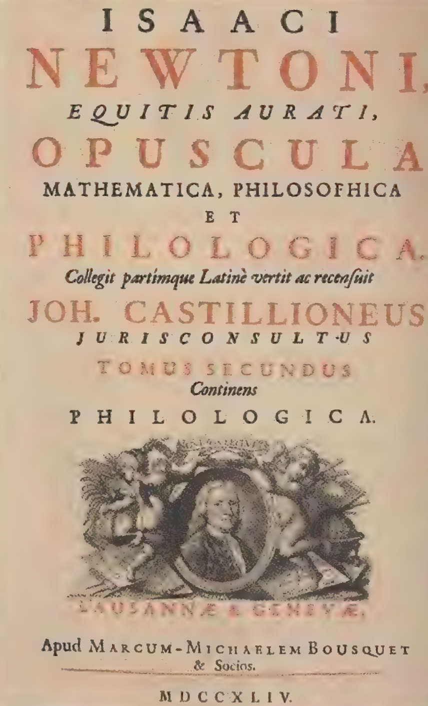
Continens

PHILOSOPHICA

LAUSANNÆ & GENEVÆ,

Apud MARCUM-MICHAELEM BOUSQUET & Socios.

MDCCXLIV.



ISAACI

NEWTONI,

EQUITIS AURATI,

OPUSCULA

MATHEMATICA, PHILOSOFHICA

ET

PHILOLOGICA.

Collegit partimque Latinè vertit ac recensuit

JOH. CASTILLIONEUS

JURISCONSULTUS

TOMUS SECUNDUS

Continens

PHILOLOGICA.

LAUSANNÆ & GENEVÆ,

Apud MARCUM-MICHAELEM BOUSQUET & Socios.

MDCCXLIV.

3

1, 2, 3. Las portadas de los tres volúmenes de los Opuscula mathematica, philosophica et philologica, *de Newton, publicados en 1714. París, B. N.* (Falchi).

4. Portada de los Elementos de la filosofía de Newton, *de Voltaire publicado en Londres en 1738. París, B. N.* (Falchi).

ELÉMENS
DE LA
PHILOSOPHIE
DE NEUTON,

DONNES

Par Mr DE VOLTAIRE.

NOUVELLE EDITION.



A LONDRES,

1



2

1. El Charter Book, *el mazo, ofrecido a Carlos II en 1663 y el tintero de la Royal Society* (Roma, embajada de Gran Bretaña).

2. Sede actual de la Royal Society, ne Barlington House, en Londres (Roma, Embajada de Gran Bretaña).

3. Robert Boyle. Grabado de G. Vertue, 1739. París, B. N. Est. (Ségalat).

4. Isaac Newton. Grabado del retrato de James Tornhill de 1710. París, B. N. Est. (Ségalat).

En la página 83:

El monumento fúnebre de Newton en la abadía de Westminster en Londrcs en un grabado de fines del siglo XVIII. *París, B. N. Est.* (Ségalat).



3


4

God said: Let Newton be! and all was light.

(Isaac Newton, al que el tiempo, la naturaleza y el cielo testimonian inmortal; pero que este mármol demuestra mortal.
La naturaleza y las leyes de la naturaleza yacían envueltas en la noche; Dios dijo: ¡Sea Newton! y todo fue luz.)
Como persona, por el contrario, no parece una personalidad muy simpática: tímido, terco, caricativo sólo por deber religioso, beato y, en el fondo, ingenuamente ambicioso. Por eso, después de 1693, su historia pierde mucho interés, cuando no se carga de detalles desagradables, ya que, cualquiera fuera la fecha de su publicación, todo lo que escribió, prácticamente, fue pensado y a menudo también compuesto, antes de esta fecha. Las mismas reediciones de los *Principia* fueron, en gran parte, enorme tarea de secretarios-discípulos, no siempre reconocidos o adecuadamente recompensados.
Sin embargo por deber de información, hablaremos también de sus últimos años.
Desde su nombramiento como profesor "lucasiano" (1669) hasta 1693 la vida de Isaac Newton había transcurrido tranquila y monótona en el Trinity College de Cambridge, entre lecciones e investigaciones, con pocas interrupciones dignas de relieve. En febrero de 1693 sucede el episodio más triste de su vida: el incendio de su laboratorio de química. Newton se sintió terriblemente dolorido y en noviembre fue golpeado por una grave enfermedad nerviosa, con algunos signos de desorden mental; inapetencia e insomnio provocaron excesos y actitudes extrañas y tornaron más áspera aquella envidia e irritabilidad que habían estado siempre presentes en su carácter. Los contemporáneos atribuyeron este estado al golpe recibido por el incendio. Por ejemplo, en una carta, Huyghens cuenta así los hechos que ha escuchado de boca de Collins: "El célebre y gran matemático I. Newton ha estado presa de frenesí durante un año y seis meses. No se sabe si ha sido a causa de una excesiva aplicación a los estudios o al dolor por la desgracia de haber perdido el laboratorio químico y algunos escritos en un incendio. Habiéndose presentado ante el arzobispo de Camdridge y dicho algunas cosas que revelaban alienación mental, los amigos se pusieron a curarlo y, por las buenas o por las malas, le hicieron tomar medicinas; gracias a su efecto, ahora ya está mejor y comienza a entender su libro los *Principia*."
En realidad, tanto durante su enfermedad como después de su curación Newton continuó sus estudios; pero estaba ya cansado. De modo que en 1695 aceptó de lord Halifax, ministro del Tesoro, la tarea de realizar un proyecto de reforma monetaria: fue nombrado así inspector y luego (1699) director de la Casa de Moneda de Londres, en la cual pasó desde entonces la mayor

parte de sus jornadas. En 1699 dimitió definitivamente de la cátedra de Cambridge y se instaló en Londres. Como economista monetario no defraudó la confianza que se había depositado en él:las tres *relaciones* de 1711, 1712 y 1717 constituyen en su género verdaderas obras maestras.

Pero desde este momento, Newton, que había vivido hasta entonces como un austero científico y modestísimo profesor, se vuelve "mundano". Se establece en Londres en un lujoso departamento, con seis personas de servicio; y su casa se convierte en un centro mundano. La dirige una bellísima sobrina, Catalina Barton (desde 1717 señora Conduitt) sobre cuyas relaciones con Halifax se habló bastante; estos comentarios malignos fueron recogidos, naturalmente, por Voltaire, quien atribuyó a la amistad de Lord Halifax con la bella sobrina el hecho de que Newton haya recibido aquellos reconocimientos y honores oficiales que la ley de gravitación y el cálculo infinitesimal no le habían procurado jamás.

En 1703 Newton fue elegido presidente de la Royal Society; en 1705 obtuvo de la reina Ana el título de *Sir* (caballero), título del cual Newton se mostraba muy orgulloso y del cual se vanagloriaba.

Mientras tanto, su actividad científica había disminuido. Newton publica escritos inéditos y vuelve a publicar en ediciones actualizadas, los *Principia*, con la ayuda de Cotes (1706) y luego de Pemberton (1726). Es de estos años, y precisamente desde 1711 en adelante, uno de los episodios más desagradables de la vida de Newton, como, por otra parte, de la de Leibniz. Estos dos grandísimos hombres cayeron en mezquindades, injusticias y vulgaridades por una vana disputa que, a los ojos de nuestros contemporáneos no tiene siquiera sentido. Es cierto, sin embargo, que contribuyeron a atizarla y a aumentarla el celo cortesano de algunos y el orgullo nacional de los científicos ingleses reunidos en torno a la Royal Society.

La controversia se refiere a la prioridad en la invención del cálculo infinitesimal, prioridad justamente en el sentido banal, de quien había sido el primero en inventarlo. (Las acusaciones totalmente injustificadas, de plagio, se hicieron recién en una segunda etapa, cuando la polémica se había tornado muy agria.) En 1684 Leibniz había publicado la *Nova Methodus pro maximis et minimis*, que es, precisamente, el primer documento impreso del nuevo cálculo; por eso, él sostenía la prioridad de la invención. Pero como sabemos, y como el mismo Newton se dio cuenta un poco tardíamente, en 1711, los primeros escritos newtonianos relativos al nuevo cálculo se remontan a 1665; sólo que habían circulado manuscritos entre poquísimos amigos como Barrow y Collins. Por lo tanto, Newton fue el primer inventor. Pero, ¿qué importa? De hecho, los dos grandes matemáticos llegaron a la misma invención independientemente el uno del otro sobre la base de consideraciones intuitivas y matemáticas totalmente distintas (geométricas en Leibniz, algebraicas y mecánicas en Newton), la expusieron con dos lenguajes y con notaciones absolutamente distintas (entre otras cosas, las notaciones más generalizadas actualmente, derivan de las de Leibniz, más claras y analíticas). Ninguno de los dos creó el nuevo cálculo de la nada, sino que tuvieron precursores: en parte comunes (Fermat), en parte distintos (Pascal para Leibniz, Barrow y Wallis para Newton). Entre los dos no existió prácticamente comunicación. Solo en 1676-1677, cuando ambos pensadores estaban en buenas relaciones formales (se escribían, sin embargo, a través de Oldenburg, secretario de la Royal Society de la que eran miembros) Leibniz, muy admirado por el teorema del binomio, pidió a Newton más detalles y le propuso varias cuestiones que interesaban, en general, al nuevo análisis. Newton respondió con un anagrama que ocultaba el enunciado general del método de las fluxiones. Pero Leibniz no podía llegar a descifrar el anagrama y aunque lo hubiera logrado, no podía entender nada (¿qué podían significar para él las palabras "fluente" y "fluxión"?) a menos que conociera de antemano el análisis mismo. Una acusación de plagio sobre esta base no podía en absoluto sostenerse. Advertido esto, no nos queda más que resumir brevemente la crónica de la desdichada controversia. Aparte de alguna escaramuza precedente, fue justamente Leibniz quien la provocó en 1704 con un escrito (anónimo, pero que todos sabían que le pertenecía) publicado en el *Acta Eruditorum* de Leipzig, en el cual se insinuaba, muy veladamente, que el cálculo (newtoniano) de las fluxiones no era otra cosa que el análisis infinitesimal de Leibniz traducido a otro lenguaje; e, ignorando deliberadamente el hecho de que Wallis había ya publicado los extractos de la *Introductio ad quadraturam curvaturam* de Newton fechándolo en el 65 ó 66 se citaba solo los *Principia*, posterior en tres años a la *Nova methodus*, como primer obra en que el inglés hubiera utilizado el nuevo cálculo.

Leibniz debía pagar caro esta enorme falta de delicadeza debido a las fuertes humillaciones que su ambición había sufrido en aquellos años. En efecto, en 1710, las *Philosophical Transactions* de la Royal Society publicaban una memoria de Keill (devotísimo discípulo de Newton) en la que se afirmaba tajantemente la absoluta prioridad de Newton y se lanzaba contra Leibniz la acusación de plagio, velada, pero no demasiado. La guerra estaba declarada. Las protestas oficiales de Leibniz ante la Royal Society no llevaron a una retracción por parte de Keill ni a una desautorización de éste por parte de Newton (dos cosas que Leibniz solicitaba) sino a un endurecimiento de la posición de los ingleses. Una comisión investigadora (compuesta en su totalidad por ardientes newtonianos) nombrada por la Royal Society, concluyó en 1712 sus trabajos, sosteniendo como exactas y justas las afirmaciones de Keill y auspiciando la publicación de documentos (proporcionados por el mismo Newton). Publicación que se produjo casi inmediatamente.

En 1713 (pero con fecha del 12), salió, a cargo de Halley, Machin y Jones, el *Commercium epistolicum D. Johannis Collins et aliorum de Analysi promota* obra que, aun cuando parcial, contiene los únicos documentos de la controversia y tiene un notable interés para la historia de la matemática, conteniendo, publicados por primera vez, los incunables del nuevo cálculo. En seguida, se hicieron tentativas de reconciliación que resultaron infructuosas, sobre todo por la rigidez de Newton y de Keill. Leibniz estaba recogiendo los documentos para su *Commercium epistolicum*, pero murió en 1716 sin haberlo logrado. Y la polémica no respetó siquiera sus cenizas; se mantuvo aún después de la muerte de Newton.

Junto a las grandes investigaciones de que hemos hablado, este es el momento de hablar de algunos estudios que Newton cultivó como *hobby* y de los cuales algo se publicó durante sus últimos años y después de su muerte. Se trata de meditaciones teológicas y curiosas teorías cronológicas de escaso interés científico.

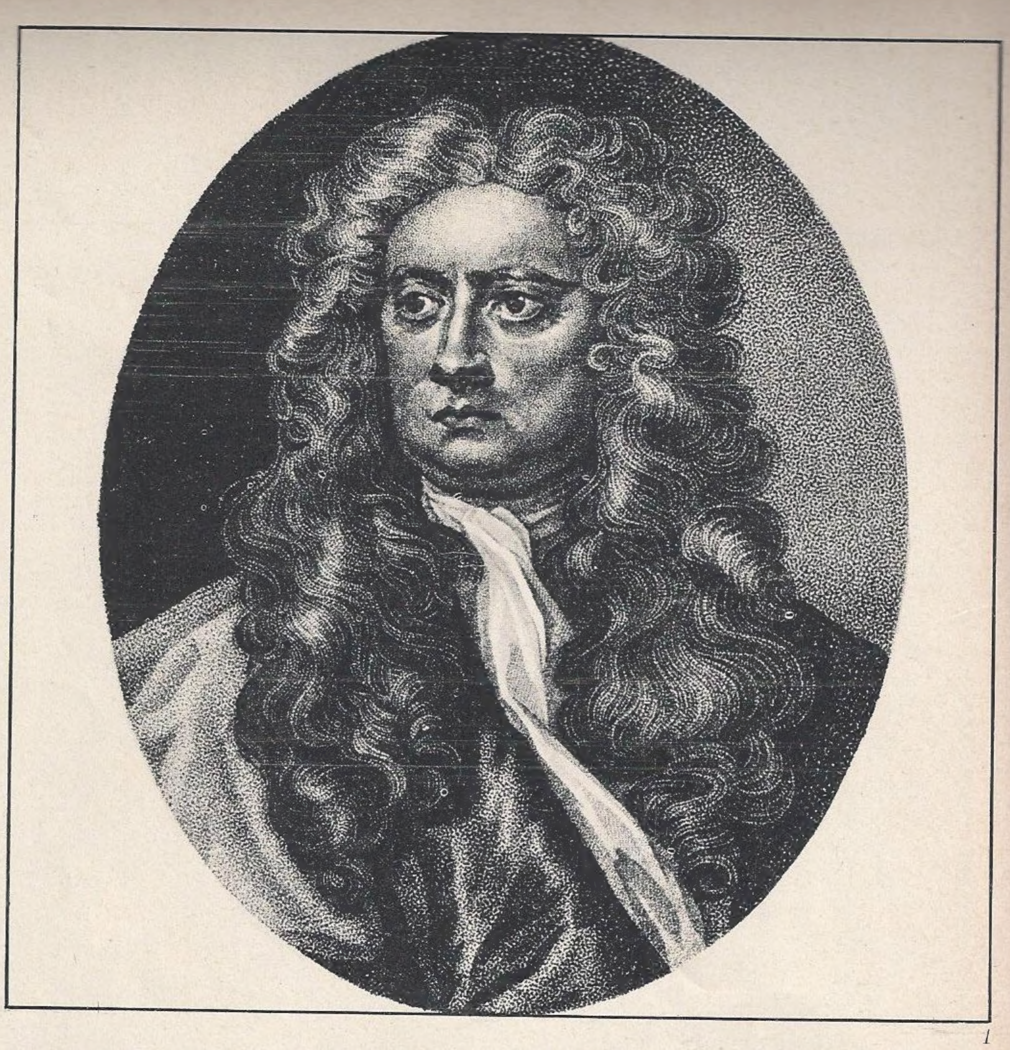
Habiendo hablado Newton a la princesa de Gales de sus investigaciones de cronología, ésta, curiosa e indiscreta, logró obtener del científico algunos apuntes que ella misma pasó después al abad Conti, quien los hizo circular por escrito. Este escrito, terminado en Francia, fue traducido y publicado con el título de *Abregé de Chronologie* (1724). Newton se disgustó mucho, desautorizó la edición y preparó una propia, la cual, sin embargo, salió después de su muerte con el título de *The Chronology of ancient Kingdoms emended.*

También son póstumas las *Observations on the Profecies of Daniel and the Apocalypse of St. John,* un escrito en el que predomina la polémica contra la Iglesia católica romana y el poder temporal de los Papas, cuyo fin predice paa el año 2060. Pasada la crisis de agotamiento, las condiciones físicas de Newton fueron mejorando. En sus últimos años impresionaba como un viejo robusto e imponente.

Pero en 1722 se manifestaron los primeros síntomas de un cálculo. Y en 1725, una pulmonía, seguida de un ataque de gota, lo indujeron a dejar Londres y establecerse en Kensington, juzgada entonces más salubre. Desde Kensington, Newton continuó sus ocupaciones. El 2 de marzo de 1727 se trasladó a Londres para presidir la asam-



1. Newton. Grabado de Smith del retrato de G. Knelley, 1712.
París, B. N. Est. (Ségalat).



1

blea de la Royal Society; por última vez, ya que moría el 20 de marzo.
Sus funerales fueron imponentes. Seis pares de Inglaterra llevaron el féretro, que fue colocado en la abadía de Westminster bajo un gran monumento que existe todavía.

Bibliografía

Biografías

D. Breswster, *The life of Sir Isaac Newton*, 1850; L. T. More, *Isaac Newton A Biography*, 1934.

Obras sobre Newton

G. Loria, *Newton*, Milán, 1939; S. Vavilov, *Isaac Newton.*

El pensamiento científico

L. Bloch, *La philosophie de Newton*, 1890: J. Snow, *Matter and Gravity in Newton's Philosophy*, 1927; *Isaac Newton (1642-1727). A Memorial volume edited by de Mathematical Association*, 1927; P. Burrett, *The Metaphysics of sir Isaac Newton*, 1930.

Obras sobre Newton en castellano

Cortés Pla, *Isaac Newton*, Espasa Calpe, Buenos Aires, 1945, Rey, Pastor, Julio, *Newton químico, Chemia*, Tomo XIV, Nº 95, Buenos Aires, 1945. Isnardi, Teófilo, "Sobre los *Principia* de Newton" en *Cursos y Conferencias*, 20, Buenos Aires, 1941. Santalo, Luis A. "*Isaac Newton y el binomio*" en *Mathematicae Notae* VI II, Rosario, 1942. García de Zúñigo, *Newton*, Instituto de Estudios Superiores, Montevideo, 1940.

Ediciones en castellano

Además de los fragmentos de trabajos de Newton aparecidos en tratados e historias de la ciencia y la física; ver:
Optica, Emece, Buenos Aires, 1947.
Selección, ordenada y traducida por E. García de Zúñiga y J. Novo Cerro, Espasa Calpe, Buenos Aires, 1943.

El fascículo Nº 63 de

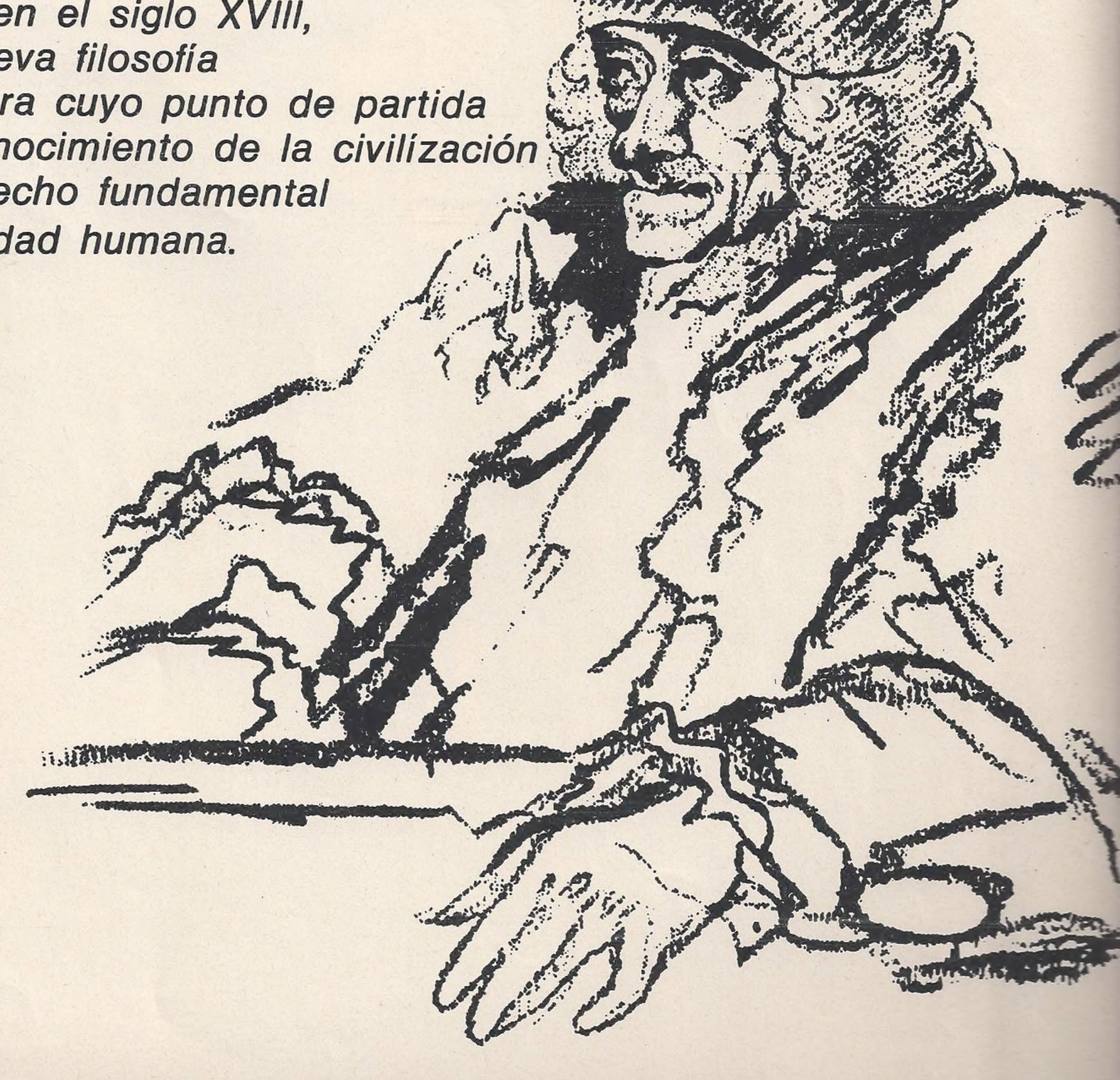
LOS HOMBRES *de la historia*

la Historia Universal a través de sus protagonistas

contiene la biografía completa e ilustrada de

Voltaire

Intérprete en el siglo XVIII, de una nueva filosofía de la cultura cuyo punto de partida es el reconocimiento de la civilización como el hecho fundamental de la realidad humana.



¡Un momento apasionante de la historia que usted debe conocer!


CENTRO
EDITOR
DE AMERICA
LATINA